



TITLE:

太陽の大きさ

AUTHOR(S):

山本, 一清

CITATION:

山本, 一清. 太陽の大きさ. 天界 1926, 6(64): 223-231

ISSUE DATE:

1926-04-25

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/160525>

RIGHT:

太陽の大きさ

山 本 一 清

緒 言

ひと口に「太陽の大きさ」に言つても、せんさくすれば種々の意味がある。太陽の直径幾何といふことも大きさの事であり、表面積や體積なども亦それぞれの大きさには違ひない。しかし、今こゝでは、ものゝ順序として、先づ最初に地球上から仰ぎ見たまゝの太陽球の直径から説き起し、ついで、大きさに關する總ての論に移るこゝとする。——太陽に關する總ての問題の前に、そもそも「太陽の大きさ如何」を一通り辨へることは絶対に必要な順序である。

大昔しの觀測

かなり昔の話であるが、紀元前二百五十年頃のギリシヤに居たアリストルコ (Aristarchus) が、其の著書「日月の大きさと距離について」の中に「太陽の視直径は一黄道宮の十五分の一である」といふことを書き残してゐる。黄道は即ち太陽と各遊星が運行する天球上の一大圓であつて、ギリシヤ時代から、此の黄道を十二等分し、之れを黄道十二宮 (Twelve Signs of the Zodiac) と呼んだ。十二宮とは即ち白羊宮、金牛宮、双子宮等の名で呼ばれるもので、本誌曆表欄の毎月の遊星界の圖に其の位置や順番が畫かれてある。——この黄道十二宮の一つは即ち三百六十度の十二分の一であるから、角度で30度の長さである。故に之れを15分すれば、アリストルコの記録に據る太陽の視直径は2度となる。此れを其のまゝ「記録だ」と言つて済まして了へば其れまでであるが、實は何だか怪まれる點がある。後にも説く如く太陽の視直径は凡そ $\frac{1}{2}$ 度である。しかも之れが近年の觀測によつてのみ判明して來たものではなくて、かなり昔から大凡そ $\frac{1}{2}$ 度と知れてゐるのであるし、又肉眼で太陽を眺めて見ても、ほゞ此れが2度では無くて、 $\frac{1}{2}$ 度ぐらゐ (少なくとも、1度よりは小さい) といふことは判斷が出来るのである。それをアリストルコほどの學者が見誤る筈は無い。——アリストルコは當時の大學者であり、殊に大天文學者であつた。彼れはアリストイルスやテモカリスと前後して、觀測天文學を開き、日月の距離や恒星の経緯度を精密觀測した學界の先覺者であり、又、時代の逆流に掉しながら盛んに地動説を唱へた一異才であつたと傳へられてゐる。此の人が、太陽の視直径といふ如き比較的觀測し易いものを、全く桁違ひに誤つて了つたことは、さうしても考へられない。それで後代の人々は、アリストルコの残した記録として傳へられてゐる「一黄道宮の15分の一」なる言葉は、實は「50分の一」といふのが誤り傳へられてゐるのではあるまいかと考へるに至つた。なるほゞ

$$30^{\circ} \times \frac{1}{50} = 0^{\circ} 36'$$

であるから、太陽の視直径を $36'$ と見ることは、當時の観測家としては無理さ
は言へない。

しかし、こゝに又興味あることは、シチリアの物理學者として有名なアルキ
メデス(Archimedes)が其の著書「砂の計算」(Ψαμμομετρον)の中に、

「アリストアルコは太陽の視直径が圓周の720分の一であることを発見した」
と書いてゐることである。アルキメデスはアリストアルコよりも凡そ三十年の後
輩であつて、直接師弟の關係は無かつたように思はれるが、こにかく餘り時代
が離れてはゐないから、此のアルキメデスの残した記録も決して輕視すべから
ざるものである。もし此の記事が確かであるこゝ、太陽の視直径は

$$360^{\circ} \times \frac{1}{720} = \frac{1}{2}^{\circ}$$

となつて、アリストアルコの観測は實に見事な成績であることしなければならない。

しかるに、歴史家は又更に興味深い一つの説を傳へてゐる。即ち、アリス
タルコより三百年以前のターレス(Thales)なる哲學者が、太陽の視直径を既に、
「一圓周の720分の一である」と言つたと傳へられてゐることである。ターレス
はギリシアの學術の元祖であつて、且つ、非常に博學な人であつたから、實際
此の傳説の通りの観測をやつたのかも知れないが、しかし又、自分が考へるに
此のターレスのやうに尊まされた昔の學者は、こかく、宗教的な尊敬心を以つ
て總ての大真理を一應皆発見又は發明したといふ風に傳へられ易い傾きが、東
洋にも西洋にもある。だから輕々に此の傳説を信じることは出来ない。

此の問題については、尙一つの面白い昔し話がある。それは、ターレスよりも
一千年以上の昔に遡つたバビロニア人が、日月の出没する場合の観測から、此
等の天體は、毎日の出没に、上端から下端まで(即ち視直径)が費す時間は一時
分の30分の一であることを知つてゐたこと言ひ傳へである。但し、當時のバビ
ロニアの一時間は、一日を十二分したものであつて、即ち今の吾人の二時間に
相當するのだこと主張する人々があるから、若しさうだとすると、此の観測から
太陽の視直径は

$$360^{\circ} \times \frac{1}{12} \times \frac{1}{30} = 1^{\circ}$$

即ち凡そ一度となる。しかし、自分は此の計算に多少の疑問を置くものであ
る。何となれば、バビロニア人が當時一日を十二分して一時間としてゐるか、
又は一日を二十四分して一時間としてゐたかは、まだ未決の問題である。實際
日月火水木金土の所謂一週七日の制度をバビロニア人が発見したことから考へ
て見ても、當時の一時間は晝間の12分の一又は夜間の12分の一であつたので無
いかと思はれる節もある。今假りにバビロニア人の一時間が一日の二十四分の

一の程度であるとするならば、上の計算を改めて、太陽の視直径は

$$360^\circ \times \frac{1}{24} \times \frac{1}{30} = \frac{1^\circ}{2}$$

となる。——實際、吾人が單に肉眼で日出や日没の時間を測つて見ても、大體に於いて、其れが二分時間餘りのものであることは可なり容易に知り得ることであつて、大した熟練無しにも、此の時間が四分乃至五分も費えるまいふ風の観測は起らないと思ふ。

して見るミターレスといひ、又、其れよりもずっと大昔しのバビロニア人が既によほど正確に近い太陽の視直径を知つてゐた——しかも其れを、日出日没の時間観測といつたやうな氣のきいた観測法によつて知つたこといふことを感心せざるを得ない。

自分は、ひそかに思ふに、ターレスはむしろ此のバビロニア人が昔し測定して得た智識を彼の地で教はつて、其れをギリシアで受け賣りしたものではないか。遊學此の問題以外にも、ターレスといふ人は、多くの事をバビロンやエジプト中に(主としてバビロンから)、教はつて來て、其れをギリシアに紹介したことがある人なのだから。

とにかく、アリストアルコ以前にあるこうした傳説から考へて見ると、アリストアルコ自身は太陽の視直径を正しく知つてゐたものと考へて好いやうである。

ヒパルコスよりトレミーへ

アリストアルコに次いで、ギリシアの天文學者中に、太陽の視直径を測つた人はヒパルコス(Hipparchus)である。彼れは太陽の視直径を全圓周の 650 分の一と測つた。則ち、

$$360^\circ \times \frac{1}{650} = 33' 14''$$

それから又、クレオメデス(Creomedes)といふ學者は、同じ頃、此の太陽の視直径を全圓周の 750 分の一と測つたことも傳へられてゐる。それは即ち、

$$360^\circ \times \frac{1}{750} = 29'$$

となる。

ギリシア天文學の完成者は即ちトレミー(Ptolemy)である。此のトレミーは天動説の大立者であつて、太陽は地球の周圍をめぐるに固く信じてゐた人であるが、同時に此の人は、離心圓(Excentric)軌道の主張者であつた。即ち太陽の軌道は圓形であるが、其の中心は地球から少しく外れた所にあると考へてゐた。故に、此の理論から推せば太陽と地球との距離は、一年中、一定不變ではなく、可なり増減がある筈である。實際、此の距離の變動に應じて、太陽の視直径は變るミトレミーは考へてゐた。即ち

近地點では	太陽の視直径 = 35.	20''
遠地點では	同	31, 20''

故に、此の差は4' となる。これから計算するに、地球が太陽の圓形軌道の中心から外れてゐる分量は

$$\frac{1}{2} \times 4' \times \frac{2}{35'20'' + 31'20''} = \frac{1}{16}$$

此の離心率は、今日吾人が知つてゐる離心率 $\frac{1}{60}$ と大差がある。これは決して全然觀測の誤差のみ見て了ふべきでない。トレミー其の人は天文理論家として秀でた人であつたのだから、此の値は、むしろ、其の理論に一致するやうに多少の無理が入つてゐるを見て好い。——ともあれ、今此の文のためには圓軌道の離心率よりも、太陽の平均視直徑として、トレミーは

$$\frac{1}{2}(35'20'' + 31'20'') = 33'20''$$

といふ値を採用してゐたといふ事のみを注意すれば充分である。

トレミー以後は、第四世紀にカペラ(Martianus Capella)が太陽の視直徑を全圓周の600分の一、即ち

$$360^\circ \times \frac{1}{600} = 36'$$

と書き残して居るが、之れは、或る史家の説によれば、紀元前第一世紀の學者プロ(Varro)の著書から抜いたものらしいとのことである。しからば此のプロは、如何にして此の觀測値を知つたのだらう？ 彼れは著述家としてはロマに聞えた人ではあるが、決して天文家では無いのだから。

中世の觀測値

暗黒時代の天文學が、アラビア人の手から歐洲人の手に歸つた中世の頃、有名なコペルニク(Copernicus)は其の著書の中に、新しく地動説を説くと共に、諸星の軌道の大きさが運動法則に可なり改正を加へたが、太陽視直徑としては

地球が近日點にある時 33'53''

同 遠日點にある時 31'48''

故に

平均の太陽視直徑は 32'50''

となる。

次いで、觀測家ティヒョ(Tycho Brahe)は、太陽の視直徑が一年の間に31'乃至32'の値を往復することを觀測してゐる。彼れは徹底した觀測家であつて、單なる數理論のみに立脚した人で無いだけに、此の觀測困難な太陽の視直徑としては、餘り細かい桁まで深入りをせず、ごく大體の安全な數値をのみ發表したのは、流石に要心深いと感心させられる。——なんと言つても此の時代までは、總ての天文家が肉眼によつて天體を觀測した時代である。特に觀測の困難な此の太陽直徑を分の桁まで確かめることが出来れば、其れ以上を要求するのが無理だと言はなければならない。

初期の望遠鏡観測

第十七世紀に、望遠鏡が天文用として用ゐられるやうになつて、観測の精密さは急に進歩した。此の望遠鏡の初期に、太陽の視直径を観測した人はフランスのピカル(J. Picard)である。彼等は太陽が、

近日点では $32' 45''$

遠日点では $31' 37''$

の視直径を持ち、一年中の平均は即ち

$32' 11''$

であるを観測したが、之れは角度 $4'$ 前後の誤差を持つに過ぎない。一般には認められたものであつた。

ついで、佛國リヨンのムトン(Mouton)は太陽の子午線観測から、視直径が一年間に

$31' 41'' 5$ から $32' 32''$

の間を復來し、平均は

$32' 18''$

であるといふ結果に達した。之れは、後に記する數値と比べても分る通り、非常に眞に近いものである。

イラヂェーションの問題

太陽や月の如く、すべて輝やいたものゝ大きさは、暗黒な背景を以つて此れを見るさき、實際よりは多少大きく見えるものである。此の現象をイラヂェーション(Irradiation)といふ。現象は全く物理學的なものであり、吾人が天體を見る場合の此のイラヂェーションの原因は皆肉眼の構造及び物理作用なのであるが、元來些細なものであるから、望遠鏡による天體観測の時代が来るまでは全く無用な現象であつたのである。

初めてイラヂェーションの現象を天文學上に重要なものと知つたのはケプレル(Kepler)であつて、彼等は1604年出版の「光學書」に此の事を書いてゐる。

次いで、ガリレオ(Galileo)、デカルト(Descartes)、ニュートン(Newton)等が之れを論じてゐる。

最初は皆、平常観測される太陽や月の視直径と、日食や月蝕の時に観測される此等の天體の視直径とを比べて、著しい差があるここに氣が付いたのであつた。しかし、實は單に月の視直径のみならず、木星や土星、其の他、火星、金星、水星等の視直径なども皆、望遠鏡で観測する場合には多少のイラヂェーションが影響して、常に此等を大きく見せてゐる筈なのである。

天文観測史では、1761年及び1769年に金星の太陽面經過を観測して、ラランド(Lalande)は、太陽の視直径のイラヂェーションが六秒乃至七秒であるを

た。即ち、換言すれば、太陽は、平常、イラヂエーションのために、本統の大きさよりも六、七秒大きい視直径に見えてゐるといふ意味になる。此の1761年及び1769年の金星経過は、世界中の多くの學者たちが各地で観測したものであるから、單に観測された結果の報告は頗る多く發表された。それ等の材料を用ゐて、エンケ(Encke)は、太陽の視直径を研究し、遂に

太陽のイラヂエーションは $2''95$

であるといふ結論に達した。

其の他、ドセジュール(De Sejour)は1775年の金環食を観測した結果から、

クネイロー(Clairont)の太陽直径には $9''$

マイヤー(Meyer)の 同 $6''$

のイラヂエーションが含まれてゐることを公表し、又、1820年の金環食を観測して、ヴルム(Würm)は太陽のイラヂエーションが

$3''32$

であるを公表した。其の他、1831年にロビンソン(Robinson)は實驗的にイラヂエーションは

$2''8$

であるを發表し、1843年にはルゼリエー(Leverrier)が

太陽直径のイラヂエーションを $3''03$

を發表したことがある。

近代の太陽視直径観測値

近代の天文學上に最も偉大なる観測者の一人はベセル(Bessel)である。彼れは太陽の眞の直径(イラヂエーションを含まないもの)を

1919.7576 即ち $31'59''.576$

を測つた。此れは、勿論、學界に非常に權威あるものとして用ゐられたが、一方に於いて、英國の大観測家ハーシェル(W. Herschel)は太陽直径を

1924.71 即ち $32'4''.1$

を發表してゐる。

又、英國グリニチ天文臺の毎日の太陽観測からは

1921.782 即ち $32'1''.82$

なる値が發表せられ、更に又、ドイツのフーグ(A. Fuhr)は之れを

1922.799 即ち $32'2''.99$

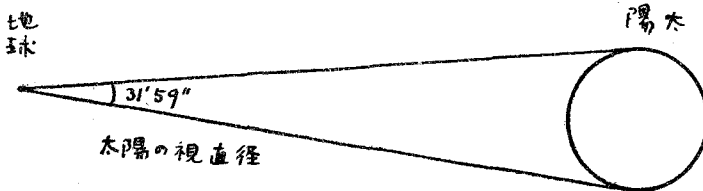
を出してゐる。但し、此等は何れもイラヂエーションを含んでゐるもの、即ち平常、天空に見えてゐるまゝの太陽の視直径である。

最近、學界に最も重きをなすものはアウゼルス(A. Auwers)の研究結果である。アウゼルスは、1874年及び1882年の金星の太陽面経過の時に多くの學者が

ちが、世界の各地で行なつた観測の報告を用ゐて、徹底的に太陽の視直径を研究した。そして、イラデーションを含まない太陽の視直径を

1919.//63 即ち 31' 59.//63

と決定した。此の値は0.//1以上の誤りは無いものゝ一般に認められ、従つて、現今吾人の知つてゐる最も正確なる太陽視直径として、世界各國の天體曆は一齊に之れを根本數値に採用してゐる。



イラデーションについては、各學者の意見が未だ一致しないので、まぢまちではあるが、

佛曆ではイラデーションを含んだ太陽直径を 32' 1.//18

ドイツ曆では 32 3.0

英曆では 32 2.36

を用ゐてゐる。

上記、アウゼルス研究は1884年に發表されたものであるが、もつと最近にはドイツのゲチンゲン大學の天文臺での観測から、1905年に、太陽の眞の直径を

シウル(Schur)教授は 1920.//14

アムブロン(Ambronn)教授は 1919.80

と發表した。平均して

1920.//0 公算誤差 ±0.//03

となる。

太陽は全くの球形か？

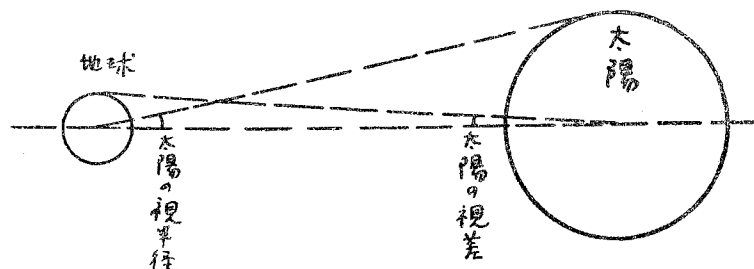
第十八世紀以來、太陽の形狀について、學界には可なりの論争があつた。最初にブゲー(Bouguer)は観測の結果、太陽の南北直径が赤道直径よりも大きいといふ事を發表し、ラランドも亦之れに賛成して、此の兩方向の直径の差は2"に達するを發表した。其の後、ヴルムは1827年度のベルリン曆に此の事を論じ、1809年には、リンデマン(Lindemann)が、グリニチ天文臺で行はれた1780年から1786年まで太陽観測の結果を研究して、又、太陽の南北直径が赤道直径より大きいことを發表した。しかるに、18年、ビアンキニ(Bianchini)は之れに反して、赤道直径の方が南北直径よりも4"も大きいといふ結果を發表し、又1871年、イタリアのセキ(A. Secchi) ロザ(P. Rosa)兩氏は、ロマニパレルモ兩天文臺での観測結果から、太陽の黒點活動に逆比して伸縮變動するを發

表した。此等いろいろの意見が出で、學界は可なり迷はされたものであるが、十九世紀の末、前記アウゼルスの研究により、太陽は事實に於いて殆んど全く球形を見るべく、又、其の伸縮變動は殆んど信ずべからざるものであると結論されるに至つた。尤も、アウゼルス自身の研究からも、數値の上では、太陽の南北直徑が赤道直徑よりも $0''.038$ だけ大きいといふ結果が出たのであるが、此の如き些細な差は觀測術の現状から見て、之れを眞のものとするに足らざるものであるとアウゼルスは意見を發表してゐる。

第二十世紀になつて、米國のプーア (C.L. Poor) 氏は、1860年乃至1874年にラザーフォードの觀測した結果から研究して、太陽の赤道直徑が南北直徑よりも少しく大きく、それが太陽黒點と共に變動するといふ論文を發表した。しかし、之れについては、前記アウゼルスの頗る權威ある研究が十九世紀に於いて既になされてあるのであり、プーア氏の論文の示す所も殆んど觀測術の能力如何に關する程度の論議であるものだから、今日は此の種の論文によつて學界は餘りから騒ぎをしなくなつた。——そして、アウゼルスの數値に信頼して、「今日の天體觀測術によれば、太陽は殆んど理想的の球形であつて、其の大きさは年月と共に變動するこゝは認めない」
こゝになつてゐる。

太陽球の實の大きさ

地球から太陽を見た場合の視直徑は、上記の如く、 $1919''.63$ を最も眞に近いとする。つぎに此の同じ距離を距て、太陽から地球を見た場合の視直徑が知りたいのであるが、之れは全く觀測が出来ない。しかし、所謂太陽視差といふものが、丁度此場合の地球の視直徑の半分になつてゐるのであるから、其れを此



所に利用することが出来る。そこで、太陽視差の最も正確な値として、『天界』第57號の第367頁を見よ)、 $8''.807$ を用ふるこゝ、

$$\begin{aligned} \text{太陽から見た地球赤道の視直徑} &= 2 \times (\text{太陽視差}) \\ &= 2 \times 8''.807 \\ &= 17''.614 \end{aligned}$$

となる。故に、こゝで、地球と太陽との直徑を數量的に比較することが出来る

即ち

$$\frac{\text{太陽の直徑}}{\text{地球の直徑}} = \frac{1919.763}{17.614} = 108.98$$

故に、太陽は地球の約 109 倍の直徑を持つてゐる。

しかるに、ヘイフォード(F. Hayford)に據れば、地球の大きさとして最も精密な値は

$$\text{地球の赤道半徑} = 6378.388 \text{ キロ}$$

であるから、太陽の大きさをキロメートルで言へば、

$$\begin{aligned} \text{太陽の直徑} &= 108.98 \times 2 \times 6378.388 \\ &= 1390274 \end{aligned}$$

太陽は即ち直徑百三十九萬キロの大火球である。

此の一大火球を吾人は地球上から見て居て、直徑が約 32' に見えてゐるのであるから、地球から太陽面上に角度 1 秒に見える長さは、實際、どれ程のものであるかと言ふと

$$\frac{1390274}{1919.63} = 724.24 \text{ キロ}$$

即ち七百キロ、換言すれば、百八十里の長さが角度 1 秒に當つてゐるわけである。若し、或る日の太陽面に直徑 50' の一黒點が見えたとすれば、此の黒點の直徑は 3 キロであり、又は、吾が地球の直徑の三倍弱の大きさであるとも言へるわけである。

太陽が地球に比して 108.98 倍の直徑の持ち主である故に、其の表面積は、地球よりも

$$(108.98)^2 = 11877 \text{ 倍}$$

だけ大きいことを意味し、又、體積は

$$(108.98)^3 = 1294430 \text{ 倍}$$

であるわけである。

○大正十五年度の京都大學天文學關係の諸講義題目

新城教授 宇宙物理學
地磁氣論
東洋天文學史
山本教授 星學通論
近世天文學史
天體物理學
太陽物理學
天體觀測第二部

上田助教授 誤差論及計算法
球面天文學
軌道論
天體觀測第一部
荒木助教授 天體力學
新城教授 } 宇宙物理學研究實驗及演習
荒木助教授 }
小野講師 }